

Dourados, MS
Dezembro, 2014

Autores

Carlos Hissao Kurihara
Engenheiro-agrônomo,
doutor em Agronomia
(Fertilidade do Solo e
Nutrição de Plantas,
pesquisador da Embrapa
Agropecuária Oeste,
Dourados, MS

Luiz Alberto Staut
Engenheiro-agrônomo,
mestre em Agronomia
(Produção Vegetal),
pesquisador da Embrapa
Agropecuária Oeste,
Dourados, MS

Shizuo Maeda
Engenheiro-agrônomo,
doutor em Agronomia
(Produção Vegetal),
pesquisador da
Embrapa Florestas,
Colombo, PR

Flávia Cristina dos Santos
Engenheira-agrônoma,
doutora em Agronomia
(Solos e Nutrição de Plantas),
pesquisadora da Embrapa
Milho e sorgo,
Sete Lagoas, MG



Diagnose do Estado Nutricional de Soja e Algodoeiro, pelos Métodos das Faixas de Suficiência e DRIS, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso

Foto: Carlos Hissao Kurihara



Introdução

A diagnose do estado nutricional de uma cultura consiste na interpretação dos resultados da análise química de uma amostra de folhas coletadas em um talhão de lavoura, no intuito de se identificar a ocorrência de excessos, carências ou desequilíbrios nutricionais. Neste contexto, a diagnose foliar apresenta-se como importante ferramenta complementar à análise do solo, tendo em vista que a detecção de elevados teores de nutrientes no ambiente em que o sistema radicular irá se desenvolver não garante que a planta será suprida de forma suficiente e equilibrada, em virtude da possibilidade de interações dos mesmos entre si e com outros fatores bióticos e abióticos. Normalmente, esta diagnose é realizada para seis elementos químicos considerados como macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e cinco designados como micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco).

Considerando-se o fato de que esta diagnose é efetuada em amostras de folhas coletadas no estágio de floração plena, salienta-se que as informações obtidas na mesma permitem monitorar a adequação do manejo da fertilidade do solo adotado no talhão avaliado, bem como subsidiar indicações mais consistentes em relação às fontes e doses de nutrientes a serem aplicados na safra subsequente.

Neste trabalho, são apresentados, de forma sucinta, os princípios da análise foliar e de dois métodos de interpretação mais utilizados: as faixas de suficiência e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação, mais comumente conhecido como DRIS, para as culturas da soja e do algodoeiro.

Coleta de amostras de folhas

Para que não haja equívocos na interpretação da análise foliar, é fundamental que o procedimento de coleta de amostra de folhas siga o padrão estabelecido para a cultura, para o qual os valores de referência também foram definidos. Em relação à época de amostragem, indica-se que a coleta de amostras seja realizada no estágio de floração plena da cultura, que no caso do algodoeiro corresponde ao período em que se observa a abertura da primeira flor entre o quarto e o sexto ramo frutífero, característica descrita por Marur e Ruano (2001) para os estádios F4 e F6. Para a soja, a floração plena ocorre no estágio R2 (FEHR; CAVINESS, 1977), que é caracterizado pela presença de flores abertas em um dos dois nós superiores da haste principal, apresentando folha completamente desenvolvida. Salienta-se, contudo, que a época de coleta de amostras foliares para esta leguminosa é adequadamente definida para cultivares com hábito de crescimento determinado, uma vez que, nessas, a floração ocorre de forma homogênea; por outro lado, para cultivares com crescimento indeterminado, a época de amostragem ainda precisa ser melhor definida, tendo-se em vista que a floração ocorre por um período relativamente prolongado, durante o qual podem ocorrer variações nos teores foliares de nutrientes.

Por causa de diferenças na taxa de absorção dos nutrientes pelo sistema radicular, ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, e da possibilidade de ocorrência de translocação de nutrientes pelo floema, dos tecidos mais velhos para os mais novos (folhas em formação, flores e grãos ou fibras, por exemplo), a coleta de amostra foliar, em época diferente daquela definida como padrão, pode resultar em diagnósticos equivocados do estado nutricional. Esse problema é mais expressivo para os nutrientes considerados móveis, tais como N, P e K (MALAVOLTA; MALAVOLTA, 1989; MENGEL; KIRKBY, 1987), cujos teores nas folhas maduras podem diminuir entre os estádios vegetativo e reprodutivo das plantas; também pode ocorrer com aqueles considerados pouco móveis, tais como Cu, Fe, Mn e S, ou mesmo imóveis, como Ca e B (MALAVOLTA; MALAVOLTA, 1989; MENGEL; KIRKBY, 1987), uma vez que os teores foliares desses nutrientes podem se alterar, em função da absorção e acúmulo contínuos ao longo do desenvolvimento da planta.

Da mesma forma, podem ocorrer falsos diagnósticos do estado nutricional, caso a amostragem seja realizada em tecido vegetal diferente daquele definido como folha índice, para a qual os valores de referência utilizados para a interpretação da análise foliar foram calibrados.

Normalmente, adota-se como padrão a coleta da folha recém-madura, pelo fato deste ser o órgão que melhor reflete o estado nutricional da planta, ou seja, a concentração de um nutriente nesta folha reflete as variações no suprimento do nutriente, seja pelo solo, seja pelo fertilizante (MALAVOLTA et al., 1997); dessa forma, alterações nos seus teores estão relacionadas, até certo ponto, com alterações no desenvolvimento e na produção (BATAGLIA et al., 1996). Para a cultura do algodoeiro, a folha recém-madura estabelecida como índice é a quinta folha totalmente formada, a partir do ápice (RIBEIRO et al., 1999), enquanto para a soja tem-se indicações para a coleta do terceiro trifólio, a partir do ápice na haste principal (MALAVOLTA et al., 1997; TECNOLOGIAS..., 2011), e do terceiro trifólio acompanhado de pecíolos (BATAGLIA et al., 1996; BORKERT et al., 1994; RIBEIRO et al., 1999).

Salienta-se que, caso a amostra coletada no talhão da lavoura seja constituída por folhas mais jovens, os resultados analíticos tenderão a apresentar teores maiores de N, P e K (KUMAR; PANDEY, 1979), em razão da alta mobilidade destes no floema; por outro lado, amostragens realizadas em tecidos mais velhos tendem a apresentar teores maiores de Ca, Cu, Fe e Mn, em função da baixa capacidade de redistribuição desses nutrientes para outras partes da planta, decorrente da insolubilidade dos compostos formados (MALAVOLTA, 2006). O Mg, apesar de ser considerado um nutriente móvel no floema, pode apresentar comportamento semelhante ao Ca, sendo comum encontrar teores maiores nas folhas mais velhas, em relação a folhas jovens (MALAVOLTA, 2006).

Outro ponto a ser observado, e que até há alguns anos atrás não era questionado, refere-se à utilização das mesmas faixas de suficiência para a interpretação dos resultados da análise foliar para a soja, independentemente da folha índice ter sido coletada com ou sem pecíolo. No entanto, Kurihara (2004) demonstrou haver diferenças consideráveis para alguns nutrientes, sendo que amostras de limbo foliar apresentam teores significativamente maiores de N, P, Cu, Fe, Mn e Zn e teores significativamente menores de K, em comparação aos valores observados para amostras com pecíolo. Posteriormente, Maeda et al. (2004) constataram diferenças significativas nos teores de todos os nutrientes avaliados, sendo as diferenças de valores mais pronunciadas para N, S, Fe e Mn. Dessa forma, tornou-se evidente a necessidade de estabelecimento de faixas de suficiência específicas para cada tipo de folha índice, no intuito de se evitar a ocorrência de falsos diagnósticos do estado nutricional da soja, o que foi feito por Kurihara (2004) e, posteriormente, também por Harger (2008).

Interpretação dos resultados da análise foliar

Uma vez realizada a determinação analítica dos teores de macro e micronutrientes nas amostras de folha índice coletadas no talhão de lavoura, pode-se proceder a interpretação dos resultados, sendo mais utilizados os critérios das faixas de suficiência e o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS).

Faixas de suficiência

Neste método, a interpretação do estado nutricional das plantas é feita pela comparação direta entre os resultados da análise foliar com os valores de referência, conhecidos como faixas de suficiência, previamente estabelecidos para a cultura.

Normalmente, as faixas de suficiência, ou seja, os valores limites de teores foliares de nutrientes considerados não limitantes (por carência ou por excesso) ao desenvolvimento e à produção das plantas, são definidas para cada nutriente, a partir de ensaios de adubação, com diferentes tipos de solos, por vários anos. Nesses ensaios, o nutriente em estudo é aplicado em doses crescentes e os demais nutrientes e fatores de produção são supridos em quantidades adequadas (variáveis controladas constantes). Mais recentemente, também tem-se estabelecido faixas de suficiência a

partir de um banco de dados proveniente de amostragens realizadas em talhões de fazendas e parcelas experimentais, onde são avaliados, entre outras variáveis, os teores de nutrientes nas folhas e o rendimento da cultura. A partir desse banco de dados, são aplicadas abordagens distintas dos princípios de métodos de diagnóstico do estado nutricional, no intuito de se estimarem valores de referência associados a uma condição de equilíbrio nutricional. Para cada nutriente, relaciona-se o teor foliar com o respectivo índice DRIS (OLIVEIRA, 1999; KURIHARA, 2004; HARGER, 2008; KURIHARA et al., 2013); na sequência, estabelece-se uma faixa ótima de teor do nutriente, associado a uma amplitude de desvios padrão em torno do valor do índice DRIS considerado ideal, normalmente $-6,67 \leq I \leq +6,67$ (Figura 1). Considera-se que teores foliares associados a valor do índice DRIS inferior a $-6,67$ ou superior a $+6,67$, corresponderiam a amostras em que possivelmente haveria comprometimento de produtividade por deficiência ou excesso nutricional, respectivamente (REIS JUNIOR, 2002). Neste contexto, no intuito de se minimizar a possibilidade de indução de desequilíbrios nutricionais, Kurihara et al. (2013) propuseram a restrição da faixa de suficiência para teores foliares associados à amplitude de índice DRIS de $-6,67 \leq I \leq 0,00$ e estabeleceram os valores de referência para amostras de trifólios de soja (Tabela 1), trifólios de soja com pecíolo (Tabela 2) e folhas de algodoeiro (Tabela 3), válidos para as condições edafoclimáticas dos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

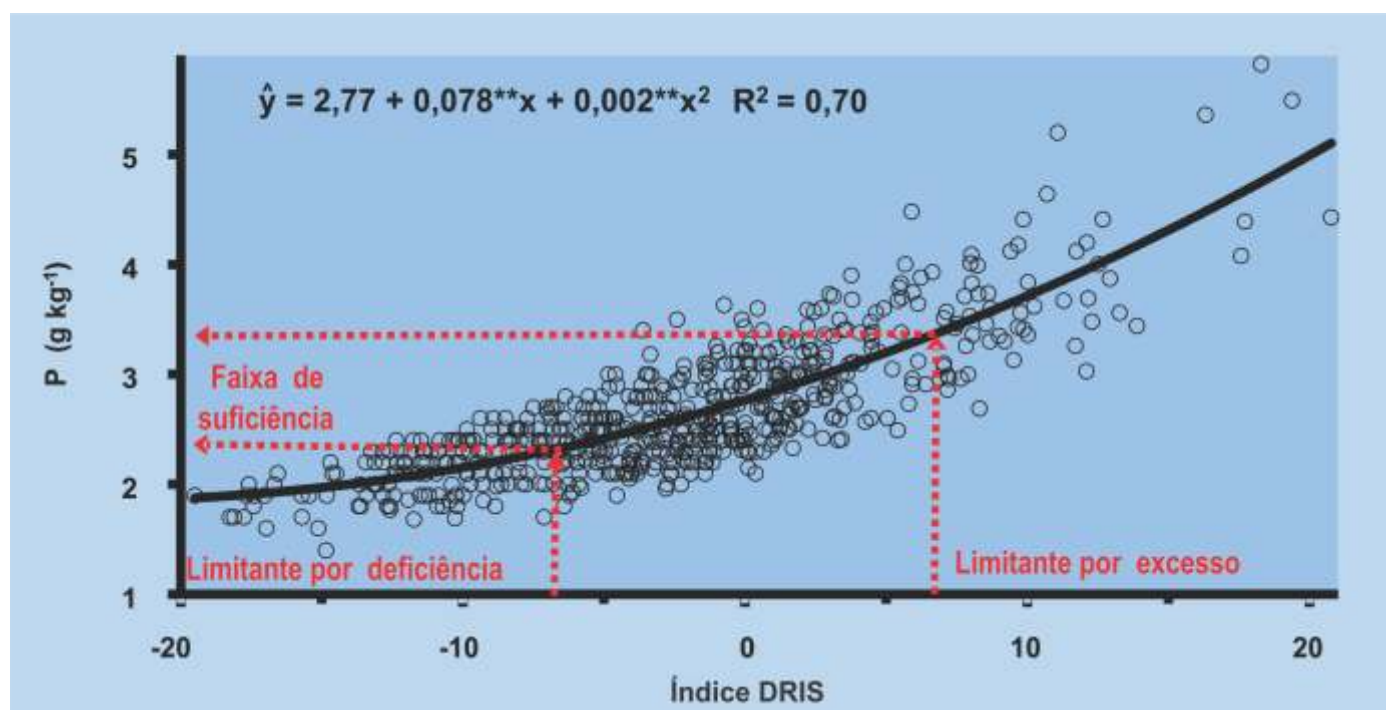


Figura 1. Exemplo de ajuste de modelo de regressão entre o teor foliar de fósforo com o respectivo índice DRIS, onde se estabelece uma faixa de suficiência associada a uma amplitude de desvios padrão em torno do valor do índice DRIS considerado ideal, normalmente $-6,67 \leq I \leq +6,67$.

Tabela 1. Teores de nutrientes utilizados na interpretação dos resultados das análises de folhas de soja sem pecíolo⁽¹⁾, para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

Nutriente	Baixo	Suficiente	Alto	Excesso
..... g kg ⁻¹				
N	< 50,6	50,6 a 56,5	56,6 a 62,3	> 62,3
P	< 2,8	2,8 a 3,3	3,4 a 3,9	> 3,9
K	< 14,4	14,4 a 17,2	17,3 a 20,3	> 20,3
Ca	< 6,2	6,2 a 8,9	9,0 a 11,5	> 11,5
Mg	< 3,0	3,0 a 3,8	3,9 a 4,9	> 4,9
S	< 2,4	2,4 a 2,9	3,0 a 3,3	> 3,3
..... mg kg ⁻¹				
B	< 37	37 a 46	47 a 56	> 56
Cu	< 7	7 a 9	10 a 12	> 12
Fe	< 77	77 a 111	112 a 155	> 155
Mn	< 38	38 a 63	64 a 97	> 97
Zn	< 41	41 a 56	57 a 78	> 78

⁽¹⁾Terceiro trifólio totalmente formado, sem pecíolo, a partir do ápice, no ramo vegetativo da planta, coletado no estágio de floração plena.

Fonte: adaptado de Kurihara et al. (2013).

Tabela 2. Teores de nutrientes utilizados na interpretação dos resultados das análises de folhas de soja com pecíolo⁽¹⁾, para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

Nutriente	Baixo	Suficiente	Alto	Excesso
..... g kg ⁻¹				
N	< 36,8	36,8 a 41,8	41,9 a 46,9	> 46,9
P	< 2,3	2,3 a 2,8	2,9 a 3,4	> 3,4
K	< 17,3	17,3 a 21,2	21,3 a 25,7	> 25,7
Ca	< 6,8	6,8 a 9,3	9,4 a 11,8	> 11,8
Mg	< 2,9	2,9 a 3,7	3,8 a 4,7	> 4,7
S	< 2,1	2,1 a 2,6	2,7 a 3,0	> 3,0
..... mg kg ⁻¹				
B	< 33	33 a 41	42 a 50	> 50
Cu	< 6	6 a 8	9 a 11	> 11
Fe	< 59	59 a 86	87 a 120	> 120
Mn	< 28	28 a 48	49 a 75	> 75
Zn	< 31	31 a 42	43 a 58	> 58

⁽¹⁾Terceiro trifólio totalmente formado, sem pecíolo, a partir do ápice, no ramo vegetativo da planta, coletado no estágio de floração plena.

Fonte: adaptado de Kurihara et al. (2013).

Tabela 3. Teores de nutrientes utilizados na interpretação dos resultados das análises de folhas de algodoeiro⁽¹⁾, para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

Nutriente	Baixo	Suficiente	Alto	Excesso
..... g kg ⁻¹				
N	< 39,1	39,1 a 43,2	43,3 a 47,3	> 47,3
P	< 2,3	2,3 a 2,8	2,9 a 3,4	> 3,4
K	< 13,7	13,7 a 18,2	18,3 a 24,2	> 24,2
Ca	< 16,9	16,9 a 20,8	20,9 a 25,5	> 25,5
Mg	< 2,7	2,7 a 3,4	3,5 a 4,1	> 4,1
S	< 3,8	3,8 a 5,4	5,5 a 7,6	> 7,6
..... mg kg ⁻¹				
B	< 28	28 a 38	39 a 50	> 50
Cu	< 7	7 a 12	12 a 11	> 11
Fe	< 50	50 a 71	71 a 120	> 120
Mn	< 44	44 a 66	66 a 75	> 75
Zn	< 17	17 a 28	28 a 58	> 58

⁽¹⁾Quinta folha totalmente formada, a partir do ápice, coletado no estágio de floração plena.

Fonte: adaptado de Kurihara et al. (2013).

Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS)

Outra ferramenta de diagnóstico do estado nutricional bastante utilizada denomina-se Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), que apresenta como principal vantagem, em relação ao método anterior, a possibilidade de identificação de desequilíbrios nutricionais que podem limitar a produtividade, mesmo quando os teores de nutrientes não são classificados como deficientes, pelo método das faixas de suficiência.

O método DRIS é embasado em uma série de preceitos teóricos e procedimentos de cálculo, conforme Alvarez V. e Leite (1999), sendo importante que, para uma adequada interpretação do estado nutricional das plantas, haja a disponibilidade de valores de referência, também denominados como normas DRIS, específicos para a região de cultivo. Para as culturas de soja e algodoeiro, o Sistema DRIS, constituído por normas definidas, a partir de um banco de dados formado por amostras coletadas nas principais regiões produtoras dos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, está disponível no site <http://www.cpao.embrapa.br/dris/>.

No Sistema DRIS, os teores de nutrientes da amostra coletada no talhão de lavoura são inseridos pelo usuário e, a partir desses dados, são calculados os índices para cada elemento químico, que podem assumir tanto valores negativos como positivos. Para a interpretação dos índices DRIS, são considerados em equilíbrio nutricional aqueles com valores situados dentro do intervalo entre -6,7 e +6,7. Quanto mais negativo for o índice de um nutriente, maior será a carência deste em relação aos demais nutrientes envolvidos na diagnose; por outro lado, quanto maior for o valor do índice, com sinal positivo, maior será o excesso relativo do mesmo. A título de ilustração, é apresentado na Figura 2 um exemplo de resultado de diagnose do estado nutricional por meio do DRIS. Para esta amostra de folha, os nutrientes limitantes por falta seriam o P, K e Cu, e os limitantes por excesso seriam o Zn e o Mn; todos os demais nutrientes seriam diagnosticados como equilibrados nutricionalmente, uma vez que os valores de índice DRIS estão contidos dentro do intervalo entre -6,7 e +6,7.

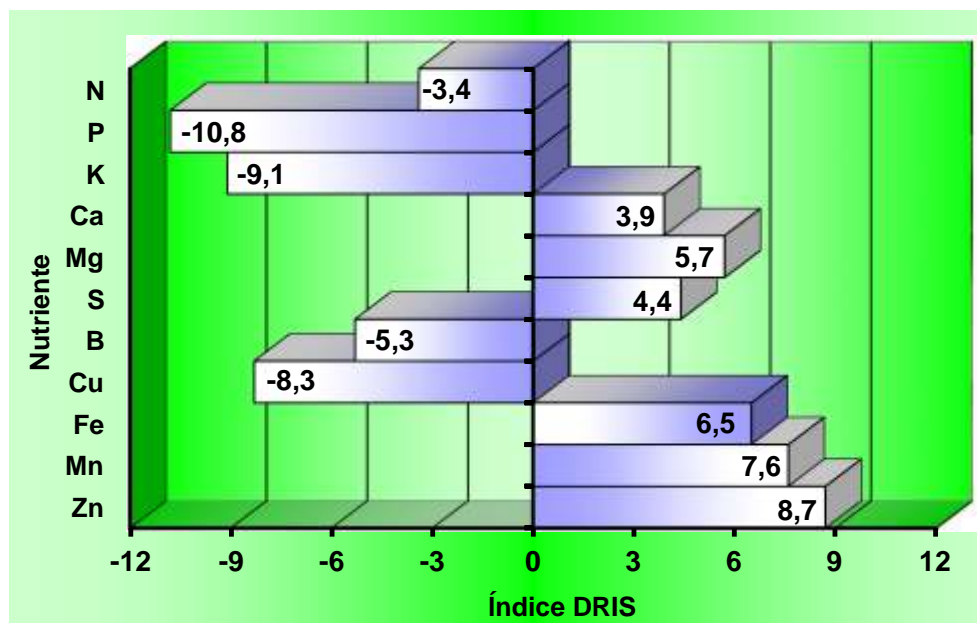


Figura 1. Exemplo de resultado de diagnose do estado nutricional por meio do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).

A soma dos valores absolutos dos índices DRIS obtidos para cada nutriente resulta no Índice de Equilíbrio Nutricional (IEN). O quociente entre o valor de IEN e o número de nutrientes analisados (n) define o Índice de Equilíbrio Nutricional médio (IEN_m), que representa a média dos desvios em relação ao ótimo:

$$IEN = |I_A| + |I_B| + |I_C| + \dots + |I_N| \quad \text{e} \quad IEN_m = \frac{IEN}{n}$$

Os índices IEN e IEN_m possibilitam a comparação do grau de equilíbrio nutricional entre diferentes talhões de lavouras. Considera-se que, quanto menor o valor dos mesmos, maior será o grau de equilíbrio nutricional da lavoura.

Considerações finais

A diagnose do estado nutricional das culturas de soja e algodoeiro, com base na interpretação da análise foliar, por meio do critério das faixas de suficiência, ou pelo DRIS, é uma importante ferramenta para a identificação de deficiências, excessos e desequilíbrios na nutrição das plantas. Esta diagnose torna-se ainda mais exata na medida em que se estabelecem valores de referência específicos para a região de cultivo, como são apresentados neste trabalho. Salienta-se, contudo, que a análise foliar fornece informações que complementam aquelas obtidas por meio da análise de solo, mas não as substituem.

Referências

- ALVAREZ V., V. H.; LEITE, R. de A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 20-25, 1999.
- BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Princípios da diagnose foliar. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS: UFV, DPS, 1996. p. 647-660.
- BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 66, jun. 1994. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n. 5, p. 1-16, jun. 1994. Encarte.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 12 p.
- HARGER, N. **Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em soja, definidas pelo uso do método DRIS, para solos de origem basáltica**. 2008. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- KUMAR, P.; PANDEY, R. M. Sampling for mineral content in leaves of guava cultivar 'Lucknow-49'. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 11, n. 2, p. 163-174, 1979.
- KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 100 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

KURIHARA, C. H.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. DE; STAUT, L. A. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 3, p. 412-419, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rceres/v60n3/15.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2014.

MAEDA, S.; LIMA FILHO, O. F.; FABRICIO, A. C. **Análise de amostras de folhas de soja**: com ou sem pecíolo? Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 5 f. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 96). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24696/1/COT200496.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Livrocere, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M. L. Diagnose foliar: princípios e aplicações. In: BULL, L. T.; ROSOLEM, C. (Ed.). **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1989. p. 227-308.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: _____. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. p. 115-230.

MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 313-317, maio/ago. 2001. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/ojs/index.php/RBOF/article/view/161/169>>. Acesso em: 23 jul. 2014.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th ed. Bern: IPI, 1987. 686 p.

OLIVEIRA, S. A. de. Obtenção dos níveis ótimos de nutrientes na planta e no solo por meio do DRIS. In: SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1999. 1 CD-ROM. Seção autores.

REIS JUNIOR, R dos A. DRIS norms universality in the corn crop. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, n. 5/6, p. 711-735, 2002.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

TECNOLOGIAS de produção de soja – região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 15).

Circular Técnica, 29

Embrapa Agropecuária Oeste
BR 163, km 253,6 - Caixa Postal 449
79804-970 Dourados, MS
Fone: (67) 3416-9700
Fax: (67) 3416-9721
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
(2014): online

Comitê de Publicações

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*
Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*
Membros: *Auro Akio Otsubo, Clarice Zanoni Fontes, Danilton Luiz Flumignan, Fernando Mendes Lamas, Germani Concenço, Ivo de Sá Motta, Marciana Retore e Michely Tomazi*

Membros suplentes: *Augusto César Pereira Goulart e Crêbio José Ávila*

Expediente

Supervisão editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*
Revisão de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*
Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*
Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*